



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3352655号  
(P3352655)

(45)発行日 平成14年12月3日(2002.12.3)

(24)登録日 平成14年9月20日(2002.9.20)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

G 0 6 T 7/60

2 0 0

G 0 6 T 7/60

2 0 0 J

B 6 0 R 21/00

6 2 4

B 6 0 R 21/00

6 2 4 C

6 2 4 F

G 0 6 T 1/00

3 1 5

G 0 6 T 1/00

3 1 5

7/00

7/00

C

請求項の数17(全 18 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平11-269578

(22)出願日

平成11年9月22日(1999.9.22)

(65)公開番号

特開2001-92970(P2001-92970A)

(43)公開日

平成13年4月6日(2001.4.6)

審査請求日

平成12年3月30日(2000.3.30)

(73)特許権者 000005348

富士重工業株式会社

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号

(72)発明者

荒井 一真

東京都三鷹市大沢三丁目9番6号 株式

会社スパル研究所内

(74)代理人

100101982

弁理士 久米川 正光

審査官 松浦 功

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 車線認識装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】ステレオカメラで車輛前方の走行状況を撮像することにより得られた一対の画像に基づき、道路面の車線を認識する装置において、一対の画像に基づいて、当該画像に関する距離情報を算出するステレオ画像処理手段と、少なくとも画像の輝度情報に基づいて、画像上における車線を検出する検出手段と、前記検出手段により検出された車線の位置と、前記ステレオ画像処理手段により算出された距離情報とに基づいて、実空間における車線の位置を認識する認識手段と画像上において車線の検出を行う検出エリアを、画像中の水平ライン毎に設定する検出エリア設定手段とを有し、前記検出エリア設定手段は、従前の画像における車線の検出結果に基づき、検出対象となっている水平ライン上

2

に検出エリアを設定するモードと、同じ画像上における車線の検出結果に基づき、検出対象となっている水平ライン上に検出エリアを設定するモードとを有し、かつ、車線の検出状態に応じて選択されたモードにしたがって、検出対象となっている水平ライン上に検出エリアを設定し、前記検出手段は、前記検出エリア設定手段により設定された検出エリア内において、車線検出を行うことを特徴とする車線認識装置。

【請求項2】従前の画像において検出された車線の信頼度を算出する評価手段をさらに有し、前記検出エリア設定手段は、前記評価手段により算出された車線の信頼度に応じて、検出エリアの大きさを変更することを特徴とする請求項1に記載された車線認識装置。

【請求項3】前記評価手段は、検出データの数と、過去に検出した車線位置との連続性とに基づいて、車線の信頼性を評価することを特徴とする請求項2に記載された車線認識装置。

【請求項4】前記評価手段は、車線を複数の区画に分割し、それぞれの区画において信頼性評価を行うことを特徴とする請求項3に記載された車線認識装置。

【請求項5】前記認識手段により認識された左右の車線の平行性を評価し、当該評価結果に基づいて、前記認識手段により認識された車線の位置を修正する修正手段をさらに有することを特徴とする請求項1に記載された車線認識装置。

【請求項6】前記検出手段は、画像における少なくとも一本の水平ラインにおいて、当該ラインのすべての領域で車線検出を行うことにより、当該水平ラインに存在するすべての車線候補を検出することを特徴とする請求項1に記載された車線認識装置。

【請求項7】前記検出手段は、画像における少なくとも一本の水平ラインにおいて、当該ラインのすべての領域で車線検出を行うとともに、前記水平ライン上の検出位置に応じて、車線候補が真の車線である可能性を示す重みを付けた上で、車線候補の検出位置に関する経時的な出現度数を示すヒストグラムを作成することによって、必要とする車線を抽出することを特徴とする請求項6に記載された車線認識装置。

【請求項8】前記検出手段は、車速を考慮した上で前記重みを設定することを特徴とする請求項7に記載された車線認識装置。

【請求項9】前記検出手段により抽出された車線の位置に基づいて、前記認識手段により認識された車線の位置を修正する修正手段をさらに有することを特徴とする請求項7または8に記載された車線認識装置。

【請求項10】前記検出エリア設定手段は、画像の上側に向かうほど検出エリアの水平方向の幅を狭くすることを特徴とする請求項1に記載された車線認識装置。

【請求項11】前記検出エリア設定手段は、今回の画像上において既に検出された車線に基づいて、画像平面上での車線の傾きを算出し、当該算出された傾きに基づいて、検出対象となっている水平ラインにおける検出エリアを設定することを特徴とする請求項1に記載された車線認識装置。

【請求項12】前記検出エリア設定手段は、同じ画像上の既に検出対象となった水平ラインにおいて車線を検出できなかった場合、検出対象となっている水平ラインにおける検出エリアを広げることを特徴とする請求項1に記載された車線認識装置。

【請求項13】前記検出手段は、前記ステレオ画像処理手段により算出された距離情報に基づいて道路面上に存在する車線の候補を特定するとともに、画像の輝度情報に基づいて車線の候補の中から車線を特定することを特

徴とする請求項1に記載された車線認識装置。

【請求項14】前記検出手段は、画像の輝度情報に基づいて車線の候補を特定するとともに、前記ステレオ画像処理手段により算出された距離情報に基づいて車線の候補の中から車線を特定することを特徴とする請求項1に記載された車線認識装置。

【請求項15】前記検出手段は、水平方向のエッジ強度が正のしきい値以上となる位置と負のしきい値以下になる位置とを、道路面と車線との境界位置であると判断し、かつ、道路面輝度に基づいて算出された輝度判定しきい値以上となる輝度領域を車線と判断し、

前記道路面輝度は、検出対象となっている水平ラインの近傍に位置した複数の水平ラインの輝度から算出されること特徴とする請求項1に記載された車線認識装置。

【請求項16】前記検出手段は、第1の輝度判定しきい値と第1の輝度判定しきい値よりも大きな第2の輝度判定しきい値とに基づいて、道路面と車線との境界位置を判断し、

前記第1の輝度判定しきい値は、道路面と車線との境界を判定するためのしきい値であり、

前記第2の輝度判定しきい値は、道路面よりも大きな輝度を有する領域内の輝度状態を判定するためのしきい値であることを特徴とする請求項15に記載された車線認識装置。

【請求項17】複数の連続した区画毎に道路高を算出する算出手段と、

車輦に近い側の所定の区画で算出された今回の道路高と従前に算出された道路高とのずれに基づいて、従前に算出されたすべての区画の道路高を補正することにより、今回のすべての区画の道路高を推定する推定手段とをさらに有することを特徴とする請求項1に記載された車線認識装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ステレオカメラの車線認識装置に係り、特に、画像処理技術を用いて道路面に描かれた車線を特定することによって、自車輛前方の道路形状を認識する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】車輦に搭載された単眼カメラやステレオカメラ等のプレビューセンサを用いて自車輛前方の道路形状を認識する車外監視装置が注目されている。道路形状の認識においては、道路面上に描かれた車線（白線や追い越し禁止線等）を検出することが重要となる。プレビューセンサとして単眼カメラを使用した場合、車線の検出は、撮像画像の二次元平面上の情報、すなわち画素の輝度のみに基づいて行われる。しかしながら、単眼カメラにより得られる撮像画像からは対象物までの距離を特定することができない。そのため、車線と似た輝度特性を有する対象物（先行車のビラーやガードレール等）

を誤って認識してしまうおそれがある。

【0003】これに対して、単眼カメラに代えてステレオカメラを使用した場合、一対の撮像画像から対象物までの距離情報を得ることができる。この点は、上述した単眼カメラに対する大きなアドバンテージとなる。ステレオカメラに関して、特開平5-265547号公報には、ステレオ画像中の視差に基づき距離画像（画像上における距離の分布特性）算出し、距離画像のみから対象物（先行車や道路面）を認識する技術が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、ステレオ画像から得られる距離画像のみに基づいて、車線認識を行う場合、車線と類似した形状で、異なる輝度特性を有する対象物を誤って車線と認識してしまう可能性がある。距離画像における距離分布からは概略的な形状だけしか特定できないからである。このような対象物の例としては、道路面上のスリップ痕、影またはパッチ等が挙げられる。

【0005】そこで、本発明の目的は、一対の撮像画像から得られる距離情報と、撮像画像における輝度情報との双方を用いて、実空間上における車線の位置を認識することである。

【0006】また、本発明の別の目的は、車線の認識精度を向上させることで、車外監視制御の信頼性の向上を図ることである。

【0007】

【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するために、第1の発明は、ステレオカメラで車輛前方の走行状況を撮像することにより得られた一対の画像に基づき、道路面の車線を認識する装置において、一対の画像に基づいて、当該画像に関する距離情報を算出するステレオ画像処理手段と、画像の輝度情報に基づいて、画像上における車線を検出する検出手段と、検出手段により検出された車線の位置と、ステレオ画像処理手段により算出された距離情報とに基づいて、実空間における車線の位置を認識する認識手段とを有する車線認識装置を提供する。

【0008】また、第2の発明は、ステレオカメラで車輛前方の走行状況を撮像することにより得られた一対の画像に基づき、道路面の車線を認識する装置において、一対の画像に基づいて、当該画像に関する距離情報を算出するステレオ画像処理手段と、画像の輝度情報と、ステレオ画像処理手段により算出された距離情報とに基づいて、画像における車線を検出する検出手段と、検出手段により検出された車線の位置と、ステレオ画像処理手段により算出された距離情報とに基づいて、実空間における車線の位置を認識する認識手段とを有する車線認識装置を提供する。

【0009】上記の第1または第2の発明において、画

像上において車線の検出を行う検出エリアを、画像中の水平ライン毎に設定する検出エリア設定手段をさらに設けてもよい。この場合、検出エリア設定手段は、従前の画像における車線の検出結果に基づき、検出対象となっている水平ライン上に検出エリアを設定するモードと、同じ画像上における車線の検出結果に基づき、検出対象となっている水平ライン上に検出エリアを設定するモードとを有し、かつ、車線の検出状態に応じて選択されたモードにしたがって、検出対象となっている水平ライン上に検出エリアを設定する。また、検出手段は、検出エリア設定手段により設定された検出エリア内において、車線検出を行う。

【0010】また、従前の画像において検出された車線の信頼度を算出する評価手段をさらに設けてもよい。この場合、検出エリア設定手段は、評価手段により算出された車線の信頼度に応じて、検出エリアの大きさを変更する。

【0011】また、評価手段は、検出データの数と、過去に検出した車線位置との連続性とに基づいて、車線の信頼性を評価することが好ましい。

【0012】評価手段は、車線を複数の区画に分割し、それぞれの区画において信頼性評価を行ってもよい。

【0013】認識手段により認識された左右の車線の平行性を評価し、当該評価結果に基づいて、認識手段により認識された車線の位置を修正する修正手段をさらに設けることが好ましい。

【0014】また、検出手段は、画像における少なくとも一本の水平ラインにおいて、当該ラインのすべての領域で車線検出を行うことにより、当該水平ラインに存在するすべての車線候補を検出してよい。

【0015】また、検出手段は、画像における少なくとも一本の水平ラインにおいて、当該ラインのすべての領域で車線検出を行うとともに、当該水平ライン上の検出位置に応じて重みを付けることで、必要とする車線を抽出することが望ましい。

【0016】また、検出手段は、画像における少なくとも一本の水平ラインにおいて、当該ラインのすべての領域で車線検出を行うとともに、車輛の車速に応じて重みを付けることで、必要とする車線を抽出してもよい。

【0017】さらに、検出手段により抽出された車線の位置に基づいて、認識手段により認識された車線の位置を修正する修正手段を設けてもよい。

【0018】検出エリア設定手段は、画像の上側に向かうほど検出エリアの水平方向の幅を狭くすることが望ましい。

【0019】また、検出エリア設定手段は、今回の画像上において既に検出された車線に基づいて、画像平面上での車線の傾きを算出し、当該算出された傾きに基づいて、検出対象となっている水平ラインにおける検出エリアを設定してもよい。

10

20

30

40

50

【0020】一方、検出エリア設定手段は、同じ画像上の既に検出対象となった水平ラインにおいて車線を検出できなかった場合、検出対象となっている水平ラインにおける検出エリアを広げるようにしてもよい。

【0021】また、検出手段は、ステレオ画像処理手段により算出された距離情報に基づいて道路面上に存在する車線の候補を特定するとともに、画像の輝度情報に基づいて車線の候補の中から車線を特定することが好ましい。

【0022】また、検出手段は、画像の輝度情報に基づいて車線の候補を特定するとともに、ステレオ画像処理手段により算出された距離情報に基づいて車線の候補の中から車線を特定してもよい。

【0023】また、検出手段は、水平方向のエッジ強度が正のしきい値以上となる位置と負のしきい値以下になる位置とを、道路面と車線との境界位置であると判断することが望ましい。

【0024】検出手段は、道路面輝度に基づいて算出された輝度判定しきい値以上となる輝度領域を車線と判断することが好ましい。この道路面輝度は、検出対象となっている水平ラインの近傍に位置した複数の水平ラインの輝度から算出される。

【0025】また、検出手段は、第1の輝度判定しきい値と第1の輝度判定しきい値よりも大きな第2の輝度判定しきい値とに基づいて、道路面と車線との境界位置を判断してもよい。この第1の輝度判定しきい値は、道路面と車線との境界を判定するためのしきい値である。また、第2の輝度判定しきい値は、道路面よりも大きな輝度を有する領域内の輝度状態を判定するためのしきい値である。

【0026】さらに、算出手段は、複数の連続した区画毎に道路高を算出してもよい。この場合、推定手段は、車輛に近い側の所定の区画で算出された今回の道路高と従前に算出された道路高とのずれに基づいて、従前に算出されたすべての区画の道路高を補正することにより、今回のすべての区画の道路高を推定する。

【0027】第3の発明は、ステレオカメラで車輛前方の走行状況を撮像することにより得られた一対の画像に基づき、道路面上の立体物を認識する装置において、一対の画像に基づいて、当該画像に関する距離情報を算出するステレオ画像処理手段と、画像の輝度情報に基づいて、画像上における車線を検出する検出手段と、検出手段により検出された車線の位置と、ステレオ画像処理手段により算出された距離情報とに基づいて、車線の実空間における道路高を算出する認識手段と、画像に映し出された対象物が、算出手段により認識された道路面よりも上側に存在する場合に、立体物であると判定する判定手段とを有する立体物認識装置を提供する。

【0028】第4の発明は、ステレオカメラで車輛前方の走行状況を撮像することにより得られた一対の画像に

基づき、車輛のピッチングを検出する検出装置において、一対の画像に基づいて、当該画像に関する距離情報を算出するステレオ画像処理手段と、画像の輝度情報に基づいて、画像上における車線を検出する検出手段と、検出手段により検出された車線の位置と、ステレオ画像処理手段により算出された距離情報とに基づいて、実空間における道路高を算出する算出手段と、算出手段により算出された道路高と従前に算出された道路高とのずれに基づいて、車輛のピッチング状態を推定する推定手段とを有する車輛挙動推定装置を提供する。

【0029】ここで、算出手段は、複数の連続した区画毎に道路高を算出することが好ましい。この場合、推定手段は、車輛に近い側の所定の区画で算出された道路高と従前に算出された道路高とのずれに基づいて、車輛のピッチング状態を推定することが好ましい。

【0030】第5の発明は、ステレオカメラで車輛前方の走行状況を撮像することにより得られた一対の画像に基づき、車輛のロール角を検出する検出装置において、一対の画像に基づいて、当該画像に関する距離情報を算出するステレオ画像処理手段と、画像の輝度情報に基づいて、画像上における車線を検出する検出手段と、検出手段により検出された車線の位置と、ステレオ画像処理手段により算出された距離情報とに基づいて、実空間における左車線の高さと右車線の高さを別々に算出する算出手段と、算出手段により算出された左車線の高さと右車線との高さのずれに基づいて、車輛のロール角を推定する推定手段とを有する車輛挙動推定装置を提供する。

【0031】最後に、第6の発明は、ステレオカメラで車輛前方の走行状況を撮像することにより得られた一対の画像に基づき、道路面のバンク角を推定する道路状況推定装置において、一対の画像に基づいて、当該画像に関する距離情報を算出するステレオ画像処理手段と、画像の輝度情報に基づいて、画像上における車線を検出する検出手段と、検出手段により検出された車線の位置と、ステレオ画像処理手段により算出された距離情報とに基づいて、実空間における左車線の高さと右車線の高さを別々に算出する算出手段と、算出手段により算出された左車線の高さと右車線との高さのずれに基づいて、道路面のバンク角を推定する推定手段とを有する道路状況推定装置を提供する。

【0032】

【発明の実施の形態】図1は、本実施例にかかるステレオ車外監視装置のブロック図である。自車輛前方の走行状況を撮像するステレオカメラ1は、ルームミラーの近傍に取り付けられており、CCD等のイメージセンサを内蔵した一対のカメラ2a、2bで構成されている。各カメラ2a、2bは、車幅方向において所定の間隔（基線長）で取り付けられている。基準画像データを得るためのメインカメラ2a（右カメラ）は、車輛の進行方向

に向かって右側に取り付けられている。一方、比較画像を得るためのサブカメラ2b（左カメラ）は、進行方向に向かって左側に取り付けられている。

【0033】カメラ対2a、2bの同期が取れている状態において、ステレオカメラ1から出力されたアナログ画像は、A/Dコンバータ3、4により、所定の輝度階調（例えば、256階調のグレースケール）のデジタル画像に変換される。そして、画像補正部5は、デジタル化された各画像に対して輝度の補正や画像の幾何学的な変換等の補正を行う。

【0034】このような画像処理を経て、メインカメラ2aの出力信号から、水平方向が512画素、垂直方向が200画素の基準画像データが生成される。また、サブカメラ2bの出力信号から、基準画像と垂直方向長が同じで、基準画像よりも大きな水平方向長を有する比較画像データが生成される（一例として、水平方向が640画素、垂直方向が200画素）。基準画像データおよび比較画像データは、画像データメモリ8に格納される。

【0035】ステレオ画像処理部6は、基準画像データと比較画像データとに基づいて視差を算出する。視差は、4×4画素の画素ブロック毎に一つ算出されるため、1フレームの基準画像全体では最大128×50個の視差が算出され得る。基準画像中の一面素ブロックを対象とした場合、その対象画素ブロックの輝度特性と相関を有する領域（相関先）を、比較画像を探索して特定する（ステレオマッチング）。周知のとおり、ステレオ画像に映し出された対象物までの距離は、ステレオ画像における視差、すなわち、基準画像と比較画像との間における水平方向のずれ量として現れる。したがって、比較画像の探索を行う場合、対象画素ブロックの垂直位置（j座標）と同じ水平線（エピポーラライン）上を探索すればよい。ステレオ画像処理部6は、このエピポーラライン上を一面素ずつシフトしながら、画素ブロック毎に対象画素ブロックとの相関を評価する。

【0036】2つの画素ブロックの相関は、例えば、数式1に示したシティブロック距離CBを算出することにより評価することができる。同数式において、p1ijは一方の画素ブロックのi j番目の画素の輝度値であり、p2ijは他方の画素ブロックのi j番目の輝度値である。シティブロック距離CBは、位置的に対応した輝度値p1ij、p2ij対の差（絶対値）の画素ブロック全体における総和であって、その差が小さいほど両画素ブロックの相関が大きいことを意味している。

【0037】

【数1】 $CB = \sum |p1ij - p2ij|$

【0038】基本的には、エピポーラライン上に存在する画素ブロック毎に算出されたシティブロック距離CBのうち、その値が最小となる画素ブロックが対象画素ブロックの相関先と判断される。このようにして特定された相関先と対象画素ブロックとの間のずれ量が視差とな

る。

【0039】また、ステレオ画像処理部6は、画素ブロックの水平方向の輝度エッジの有無、同一エピポーラライン上において算出されたシティブロック距離CBの最大値/最小値との関係等を評価する。そして、視差の信頼性を向上させるために、これらの評価結果に基づき視差にフィルタリング処理を施すことで、有効とされた視差のみを出力する。また、なお、シティブロック距離CBを算出するためのハード構成およびフィルタリング処理の詳細については、特開平5-114099号公報に開示されているので、必要ならば参照されたい。このような処理を経て算出された有効視差（以下、単に視差という）は距離データメモリ7に格納される。

【0040】マイクロコンピュータ9（機能的に捉えた場合、その機能的ブロックである道路認識部10）は、画像データメモリ8にストアされた基準画像データ（輝度情報）と距離データメモリ7にストアされた視差とに基づき、車輪前方の道路形状（車線）を認識する。この道路形状は、道路面上の左右の車線（白線や追い越し禁止車線等）の形状を認識することで特定される。本実施例の主な特徴は、この車線認識にあるので、その詳細な認識手法については後述する。

【0041】また、機能的ブロックである立体物認識部11は、車輪前方の立体物（走行車）等を認識する。道路形状や立体物の認識においては、図示していない車速センサや舵角センサからの車輪挙動情報、或いは図示していないナビゲーション装置からナビゲーション情報等も考慮される。そして、処理部12は、認識部10、11からの情報に基づいて警報が必要と判定された場合、モニタやスピーカ等の警報装置18によりドライバーに対して注意を促したり、必要に応じて各種制御部13～17を制御する。例えば、AT（自動変速機）制御部13に対して、シフトダウンを実行すべき旨を指示する。また、エンジン制御部17に対してエンジン出力を低下すべき旨を指示してもよい。その他にも、アンチロックブレーキシステム（ABS）制御部14、トラクションコントロールシステム（TCS）制御部15、或いは、各車輪のトルク配分や回転数を制御する車輪挙動制御部16に対して、適切な車輪制御を指示することも可能である。

【0042】図2は、本実施例にかかる車線の認識手順を示したフローチャートである。なお、本明細書において「1フレーム」とは、一定時間（フレーム）毎にサンプリングされる1画像相当のデータをいう。道路認識部10は、このフローチャートに示した一連の手順をフレーム毎に繰り返し実行する。

【0043】図2に示した各ステップの説明に入る前に、まず、1フレームの基準画像の垂直/水平方向における検出順序を図4に基づき説明する。車線検出の対象となる画像は、512×200画素領域を有する基準画像であ

る。そこで、以下の説明では、基準画像を単に「画像」という。また、車線検出は水平ライン毎に行われる。ただし、すべての水平ラインを対象とするのではなく、検出開始ライン  $j_s$  から検出終了ライン  $j_e$  までの範囲内の水平ラインである。検出開始ライン  $j_s$  と検出終了ライン  $j_e$  との垂直位置 ( $j$  座標) は予め固定的に設定してもよいし、自車輛のピッチング状態等に応じて可変に設定してもよい。

【0044】また、垂直方向における検出処理は、近距離側から遠距離側、すなわち画像の下から上へ向かって、基本的には1水平ライン毎に行われる。本実施例における1水平ラインの幅は1画素であるが、複数の画素幅を有していてもよい。また、演算量の低減を図るために、画像下側へ向かうほどサンプリング間隔(すなわち検出対象となる水平ラインの間隔)が徐々に広がるように設定してもよい。画像全体における車線の位置は、個々の水平ライン上の車線位置をつなぎ合わせることでより特定される。垂直方向における検出順序を画像の下から上へ向かうようにした理由は、近距離側の車線は比較的検出しやすく、車線に関するデータ量も多いからである。このことは、同一フレーム内において既に検出された車線位置に基づいて次の水平ラインの検出処理を行う上で有利となる。このような理由により、ステレオ画像処理部6から得られる視差も、近距離側(画像下側)から順次データ処理が実行されるように構成されている。

【0045】また、水平方向における検出処理は、画像の中央部から左右それぞれに向かって1画素毎に行われる。すなわち、左車線の検出は右から左に向けて行われ、右車線の検出は左から右に向けて行われる。これは、車線の内側は、通常、輝度状態を予測しやすい道路面なので、逆方向に検出していく場合と比べて、車線の誤検出の可能性を低減できるからである。これに対して、車線の外側には側溝等を含めてさまざまな対象物が映し出されていることが多く、その領域に生じ得るすべての輝度状態を想定することは容易ではない。そのため、検出順序を車線の外から内へ向かうように設定すると、車線の誤検出が生じやすいほか、車線検出処理に要する処理時間が増大してしまう可能性がある。このように、1水平ラインにおける検出処理は、車線内側から道路検出を進めていき、「車線終了点」の検出にともない終了する。なお、「車線終了点」については「車線開始点」とともに後述する。

【0046】図2に示したステップ1において、道路認識部10は、まず初期化作業を行う。本実施例における車線認識は、複数の区画(セグメント)に分けて行われる。このステップ1では、車線検出を終了するセグメント、各水平ラインがどのセグメントに含まれるのかを表す配列、道路高さ補正を行うラインの設定等が行われる。

【0047】つぎに、ステップ2において、1フレームの画像(基準画像)上の車線の位置検出が行われる。車

線検出は1水平ライン毎に順次実行されるため、このステップ2では検出対象である水平ライン上の車線位置

(以下「車線点P」という)が検出される。図3は、車線検出処理の詳細な手順を示したフローチャートである。水平ラインの垂直位置を指定するカウンタ  $j$  の初期値は0であり、ステップ29でのインクリメントにより  $j=200$  になったらこのルーチンを終了する。カウンタ  $j$  で指定された水平ラインが処理の対象となるので、この水平ラインを以下「対象ライン  $j$ 」という。

【0048】上述したように、車線位置の検出が行われる水平ラインは、検出開始ライン  $j_s$  から検出終了ライン  $j_e$  までである。したがって、検出開始ライン  $j_s$  より下側の水平ラインについては、ステップ23, 24における車線検出等は行われない。したがって、カウンタ  $j$  が  $j_s$  (検出開始ライン  $j_s$  に相当) になるまでは、ステップ29においてカウンタ  $j$  のインクリメントだけが行われる。

【0049】カウンタ  $j$  のインクリメントが進み、対象ライン  $j$  がプレ水平ライン  $j_{pre}$  になると、ステップ21での肯定判定からステップ22に進む。プレ水平ライン  $j_{pre}$  は、検出開始ライン  $j_s$  の直下に位置した4本の連続した水平ライン ( $j_s-4 \sim j_s-1$ ) である。ステップ22では、車線の検出開始に先立ち、道路面輝度  $A_{road}$  が検出される(道路面輝度  $A_{road}$  プレ検出)。道路面輝度  $A_{road}$  は、図5に示したように、左右のプレ検出範囲  $PRE1$ ,  $PRE2$  内の輝度に基づいて算出される。プレ検出範囲  $PRE1$ ,  $PRE2$  は、4本のプレ水平ライン  $j_{pre}$  と検出開始ライン  $j_s$  とで構成された領域(5水平ライン分)のうち、画像中央部分を除いた領域に相当する。また左右のそれぞれは、通常の走行状況で車線が映し出されるであろう領域に固定的に設定されている。そして、各検出範囲  $PRE1$ ,  $PRE2$  内の画素の輝度ヒストグラムをそれぞれ算出し、出現度数が最大となる輝度値をそれぞれの道路面輝度  $A_{road}$  とする。このようにして算出された左側(または右側)の道路面輝度  $A_{road}$  は、ステップ24における左(または右)車線判定の際のベース値(輝度判定しきい値のベース値)として用いられる。

【0050】上述したように車線検出は水平ライン毎に行われるが、車線判定用のしきい値を各ライン毎に個別に設定しているために、そのライン近傍における道路面輝度  $A_{road}$  を特定する必要となる。道路面輝度  $A_{road}$  は、カメラアングルや路面上のエリアによって異なるため、車線検出精度の向上を図るためには、対象ライン  $j$  毎に個別に道路面輝度  $A_{road}$  を検出することが好ましい。具体的には、道路面輝度  $A_{road}$  は、5本の水平ライン(対象ライン  $j$  とその直下の4本の水平ライン)から算出される。したがって、検出開始ライン  $j_s$  の車線検出を行うためには、このライン  $j_s$  の直下4水平ライン分(これらは車線検出の対象とはなっていない)の輝度情報が必要となる。以上のような理由で、対象ライン  $j$

がブレ水平ラインj<sub>pre</sub>である場合は、ステップ22における道路面輝度A<sub>road</sub>を予め特定しておき、検出開始ラインj<sub>s</sub>における車線検出に備える。

【0051】対象ラインjは下から上へシフトしていく。そのため、検出開始ラインj<sub>s</sub>以降の対象ラインjについては、既に検出処理された各ラインの輝度情報（マイクロコンピュータ9中のRAMにストア）に基づいて、その対象ラインjに関する道路面輝度A<sub>road</sub>が算出される。したがって、対象ラインjが検出開始ラインj<sub>s</sub>に到達すると、これ以降、ステップ22は実行され10  
ない。それに代わり、各対象ラインjに関する道路面輝度A<sub>road</sub>の検出は、ステップ24での車線検出の一部として行われる。

【0052】対象ラインjが検出開始ラインj<sub>s</sub>に到達すると、それ以降はステップ21における否定判定からステップ23に直接進む。このステップ23では、対象ラインj上に検出エリアR<sub>j</sub>が設定される。検出エリアR<sub>j</sub>は、対象ラインj上において車線検出を行う範囲を規定したものであり、水平ライン毎に個別に設定される。検出エリアRの設定方法には以下の3つの「設定モード」が用意されており、従前の水平ラインにおける車線の検出状況に応じて、設定モードが切り替えられる。水平ライン毎に適切な設定モードを行うことで、極力狭いエリアで、かつ確実に車線を検出できるようなエリアを設定することができる。

【0053】（検出エリアの設定モード）

モード0：今回のフレームにおける従前の水平ラインの検出結果に基づき、対象ラインj上の車線位置を推定し、その車線位置を基準として検出エリアを設定するモード

モード1：前回のフレームにおける認識結果（車線の位置）を用いて狭い検出エリアを設定するモード

モード2：前回のフレームにおける認識結果（車線の位置）を用いて広い検出エリアを設定するモード

【0054】図6は、モードに応じて設定された検出エリアRを示した図である。車線検出開始時のデフォルトはモード2である。したがって、検出開始ラインj<sub>s</sub>上には、前回のフレームで検出された車線位置を基準とした広い検出エリアR<sub>js</sub>が設定される。そして、モード2のエリア設定により、各ラインにおける車線検出を進めていく。その際、処理時間の短縮および検出精度の向上といった観点より、なるべく狭いエリアを設定する必要がある。そこで、前回のフレームで検出された「車線の信頼度」に基づいて、対象ラインjの検出エリアR<sub>j</sub>の大きさ（幅）が調整される。すなわち、「車線の信頼度」が高いということは、今回のフレームでもほぼ前回とほぼ同位置に車線が存在する可能性が高いということである。この場合は、前回の車線点Pを基準とし、車輛の挙動（前後、左右およびピッチング等）を考慮したマージンを設けた上で、狭い検出エリアR<sub>j</sub>を設定する。50

一方、「車線の信頼度」が低い場合、前回の車線点Pを基準に狭い検出エリアRを設定すると、検出エリアRから車線が逸脱してしまう可能性がある。この場合は、広い検出エリアRを設定する必要がある。

【0055】「車線の信頼度」は、ステップ5において算出される。そして、今回の検出エリアの設定は、前回のステップ5で算出された「車線の信頼度」に基づいている。この信頼度に関する具体的な評価手法については後述するが、概略的にいえば、フレーム間における車線位置の連続性、および車線位置のデータ数が考慮される。

【0056】また、図9に示したように、信頼度が同程度であったとしても、各対象ラインjに設定される検出エリアR<sub>j</sub>の幅は、画像上側へいくほど狭くなるように設定される。画像中の車線は、車線幅が同一であっても距離が遠くなるほど狭く映し出される。このような画像の特徴に基づき、遠方の車線が映し出される画像上側に行くほど検出エリアRを狭くしていく。なお、この点はモード1についても同様である。

【0057】検出エリアRをモード2によって設定し、所定数の水平ライン以上で車線が検出できたならばモード0へ移行する。モード0においては、3つのモードの中で最も狭い検出エリアRが設定される。そして、このモードでは、水平ライン（j-1）（すなわち対象ラインj直下）以前の検出結果が用いられる。図10は、モード0における検出エリアRの設定を説明するための図である。各水平ラインの車線検出（各ラインにおける車線点Pの検出）を行うと同時に、画像平面（i-j平面）上における車線の傾きαも算出していく。そして、対象ラインjになるべく近い車線点P（図10では水平ライン(j-1)で検出された車線点P（j-1））を通る傾きαの直線と対象ラインjとの交点を、対象ラインj上の車線点P<sub>j</sub>'（これを「仮の車線点」という）とみなす。そして、仮の車線点P<sub>j</sub>'を基準として、カーブや検出誤差等を考慮した所定幅の検出エリアR<sub>j</sub>が設定される。

【0058】また、車線が断続している状況（例えば図6に示した追い越し車線）、車線が汚れている状況、或いは、車線がカーブしているような状況においては、車線を検出できない水平ラインが出現する（これを、「未検出ライン」という）。モード0で狭い検出エリアRを設定した後に、このような未検出ラインが続くと、車線からずれた位置に検出エリアRが設定されてしまう可能性がある。そこで、図11に示したように、対象ラインjで車線が検出できなかった場合、未検出ラインの数に応じて、それ以降（すなわち上方）の検出エリアRを徐々に拡大していく。なお、図11で示したW1は検出エリアRの許容最小幅（車線点Pの連続検出時に設定）を示しており、W2は検出エリアR<sub>j</sub>の許容最大幅を示している。そして、最大許容幅W2に到達した後も、所定数の未検出ラインが継続した場合は、モード1に移行して、前回のフレームにおける車線位置に基づいて、検出

エリアRを設定する。

【0059】ステップ24では、対象ラインj上に設定された検索エリアRj内において、車線の検出が行われる。なお、対象ラインjに関する道路面輝度Aroadの算出もこのステップ24で行われ、必要に応じてステップ22（道路面輝度ブレ検出）で算出された情報が用いられる。本実施例における車線検出手法は、画像自体の輝度情報（輝度値および輝度微分値）のほかに、ステレオ画像処理部6において算出された画像の距離情報も用いている点に特徴がある。このように、画像上における車線位置の検出に際して距離情報も活用することで、輝度情報のみに基づいた手法と比べて、検出精度を向上させることができる。水平ライン毎に検出された車線点（i, j）は、マイクロコンピュータ9を構成するメモリにストアされる。

【0060】図7は、車線が存在する水平ラインの輝度特性を示した図である。この特性図からわかるように、車線が存在する水平ラインは以下のような輝度特性を有する。

（輝度特性）

- ・車線とアスファルトとの境界に強いエッジ強度が出現する（同図（b））
- ・道路面の輝度よりもかなり大きな高輝度部分が出現する（同図（a））
- ・実際の車線の幅（十数cm以上、ただし想定する車線によって異なる）相当の高輝度部分が出現する（同図（a））

【0061】また、車線が存在する水平ライン（すなわち、このラインを含む画素ブロック列）は以下のような距離特性を有する。

（距離特性）

- ・箇所は車線とアスファルトとの境界（エッジ部）で距離（視差）が算出される
- ・ほぼ一定の距離（距離）が算出される

【0062】本実施例では、まず、画像の輝度情報（画像データメモリ8にストアされた輝度データ）に基づき車線の候補を抽出する。しかしながら、この段階では抽出された車線の候補が道路上にある保証がない。そこで、車線の検出精度を向上させるために、距離情報（距離データメモリ7にストアされた視差）に基づき、車線候補が道路面上にあるかどうかを判定する。

【0063】以下、まず、輝度情報に基づく車線候補（ここでは単に「車線」という）の抽出について説明する。上述したような輝度特性に鑑み、下記の車線条件を具備する点を車線点P（すなわち、「開始点Ps」と「終了点Pe」と）と判断する（図7参照）。ここで、「開始点Ps」とは、車線とアスファルトとの内側の境界（エッジ）に相当する車線点をいい、「終了点Pe」とは、車線とアスファルトとの外側の境界に相当する車線点いう。

【0064】（開始点Psの条件）

1. エッジ強度（輝度微分値）が正のしきい値 $E_{th}$ 以上であること
2. 輝度が開始点輝度判定しきい値 $A_{th1}$ 以上であること

（終了点Peの条件）

3. エッジ強度（輝度微分値）が負のしきい値 $-E_{th}$ 以下であること

（開始点Psと終了点Pe相互の条件）

4. 開始点Psと終了点Peとの間隔が所定の範囲内（車線幅相当）であること
5. 開始点Psから終了点Peまでの輝度平均値 $A_{ave}$ が車線輝度判定しきい値 $A_{th2}$ （ $A_{th1} < A_{th2}$ ）以上であること

【0065】なお、条件5に関して、画像に映し出される車線幅は水平ラインの垂直位置（j座標）によって異なるため、上記範囲はその位置に映し出されるであろう車線幅を考慮した上で設定する。

【0066】また、輝度判定用しきい値 $A_{th1}$ ,  $A_{th2}$

- 20 は、道路面輝度Aroadに基づき算出される。すなわち、道路面輝度Aroadに定数 $\alpha$ ,  $\beta$ （ $0 < \alpha < \beta$ ）をそれぞれ加算することにより $A_{th1}$ ,  $A_{th2}$ が算出される。このステップ24において道路面輝度Aroadを算出する場合、検出範囲Rの設定方法がステップ22の場合と若干異なる。ステップ22では、図5に示したようなブレ検出範囲PRE1, PRE2をサンプリング領域とし、その全域の輝度から道路面輝度Aroadを算出している。これに対し、このステップ24でのサンプリング領域は、ブレ検出範囲PRE1, PRE2のうち車線の外側を除いた領域に設定される。このように、車線の外側を含まないようなサンプリング領域を設定する理由は、車線の外側に存在する対象物により、不適切な道路面輝度Aroadが算出されないようにするためである。ただし、この段階では対象ラインjの車線点Pjは特定されていないので、検出エリアRjの中心点（i, j）を車線点Pjとみなしている。そして、ステップ22と同様に、サンプリング領域内の画素の輝度ヒストグラムを算出し、その最頻値を道路面輝度Aroadとする。

- 40 【0067】対象ラインj上を所定の検出順序（左車線は左方向、右車線は右方向）にしたがって画素の輝度を参照していき、上記の判定条件1, 2の両方を具備する点を開始点Psとする。そして、そのまま輝度を確認しながら、判定条件3を具備する終了点Peを探す。そして、開始点Psと終了点Peとの間隔およびその間の輝度平均値 $A_{ave}$ が判定条件4, 5の両方を具備しているかどうかを判定する。

- 50 【0068】図12は、車線と道路面上のそれ以外のもの（ゴミや汚れ等）による輝度特性の違いを示した図である。同図からわかるように、車線以外のものが道路面上に存在する場合、それとアスファルトとの境界は明確で

はないことが多いため、それに起因して出現するエッジ強度のピークは、車線ほど大きくならない傾向が強い。このような観点から、エッジ強度を判定するしきい値  $E_{th}$ 、 $-E_{th}$  を適切すれば、車線とそれ以外のものとを明確に区別することができる。

【0069】また、本実施例では、図7に示したように、車線検出精度の向上を図るために、輝度判定用に2つのしきい値  $A_{th1}$ 、 $A_{th2}$  ( $A_{th1} < A_{th2}$ ) を設定している。図7の輝度特性とエッジ強度との関係からわかるように、エッジ強度が正方向のピークを形成する点における輝度は、最大輝度値よりかなり小さい。そのため、開始点  $P_s$  を適切に検出するためには、開始点輝度判定しきい値  $A_{th1}$  を低めに設定する必要がある。しかしながら、低めに設定された判定しきい値  $A_{th1}$  を一律に適用すると（つまり、車線輝度判定しきい値  $A_{th2}$  とすると）、車線以外の対象物を車線として検出してしまう可能性が生じる。このような理由で、エッジ検出時の輝度を判定するしきい値  $A_{th1}$  と、車線全体の輝度状態を判定するしきい値  $A_{th2}$  とを別個に設定している。

【0070】以上のような判定条件を満たす対象ライン  $j$  上の点が車線点  $P_j$  となるが、それが道路上に存在しているという保証はない。そこで、検出結果の精度向上を図るために、輝度情報から特定された車線点  $P_j$  を車線候補とし、距離情報を用いて、それが道路面上にあるか否かを検証する。例えば、図13に示したような画像を考える。この場合、先行車の色、構造、方向等によって図14(a)に示したような輝度特性となり、輝度情報だけでは先行車のピラーが車線として検出されてしまうことがある。その際、図14(b)に示したように、ピラーまでの距離と道路上の車線までの距離とは明らかな違いがあるため、距離情報による検証で車線のみを抽出することができる。このようにして、輝度情報と距離情報の双方を用いて検出された各車線点  $P$  の座標  $(i, j)$  は、マイコン9中のRAMにストアされる。

【0071】なお、上記の車線検出手法では、まず、輝度情報から車線を検出し、その検出結果を距離情報に基づき検証している。これとは逆に、まず、距離情報を処理して道路面上にある対象物を抽出し、その後に輝度情報に基づいた車線検出で、車線を特定してもよい。例えば、図15に示したような画像を考える。このような画像では、図16(b)に示したように主にブレーキ痕および車線の部分で距離（視差）が算出される。そのため、道路面以外の対象物があっても、距離情報を用いることでそれを除外することができる。距離が算出された位置の近傍で輝度情報を処理すれば、車線とブレーキ痕との輝度特性の相違から（図16(a)参照）、車線のみを抽出することができる。

【0072】対象ライン  $j$  が補正ライン  $j_{amd}$  である場合は、ステップ25での肯定判定からステップ26に進む。この補正ライン  $j_{amd}$  は、画像の比較的下側にお

る予め設定された  $j_a$  から  $j_b$  までの水平ライン群である（ただし  $j_s \leq j_a$ ）。ステップ26では、補正ライン  $j_{amd}$  としての水平ライン群で検出された各車線点  $P$  と、その車線点  $P$  における視差  $d$  とに基づいて自車輛のピッチング量が算出される。なお、この視差  $d$  は、車線点  $P$  を含む画素ブロックについて算出された視差であり、距離データメモリ7中にストアされている。

【0073】自車輛の挙動のうち、特にピッチング状態を検出することは、道路（車線）の認識精度のみならず立体物（先行車）の認識精度の向上を図る上でも重要である。本実施例では、先行車と道路上の対象物（例えば、路面上の微少な段差やペイント等）とを区別するために、道路高モデルが用いられる。つまり、道路高モデルにより特定された道路面よりも上側に対象物が存在する場合、その対象物を先行車と見なすことができる。

【0074】その際、今回算出された道路高モデルを用いて立体物の認識処理を開始できればよいが、実際には処理時間およびハードウェアの能力等の制約があるため、実際にはこれらの処理を並行させる必要がある。そこで、今回の立体物の認識においては、前回算出された道路高モデルを用いている。そのため、自車輛のピッチングが発生すると、ステレオカメラ1から見た道路高が変化してしまい、前回算出された道路高モデルとの間にずれが生じる。このようなずれにより立体物の誤認識が生じてしまう可能性がある。以上のような理由で、ステップ3における車線モデルの算出処理に先立ち、自車輛のピッチング状態を検出するのがステップ26である。

【0075】ピッチング量は具体的には以下のようにして算出される。まず、予め補正ライン  $j_{amd}$  として規定された水平ライン群における各車線点  $P(i, j)$  がステップ24にて検出される。各車線点  $P(i, j)$  は、画像の比較的下側の車線、すなわち近距離（約20m前方までの距離を含む程度）の車線の位置を示している。今回のフレームにおける道路高はこれらの車線点  $P$  をサンプルとして算出される。

【0076】つぎに、各車線点  $P$  に関する視差  $d$  を特定する。各車線点  $P$  の視差  $d$  は、その車線点  $P$  を含む画素ブロックに関して算出された視差であって距離データメモリ7中にストアされている。これにより、各車線点  $P$  に関する座標と視差  $d$  とのセット  $(i, j, d)$  が特定される。このようなセット  $(i, j, d)$  が特定されれば、車線点  $P$  の実空間上の位置  $(X, Y, Z)$  を一意に特定することができる。ここで、 $X$  は車幅方向の位置、 $Y$  は車高方向の位置、そして  $Z$  は車長方向の位置（すなわち距離）である。なお、 $(i, j, d)$  から  $(X, Y, Z)$  への具体的な変換については、ステップ3において説明する。

【0077】これらサンプルとしての車線点  $P$  を  $Z$ （距離）- $Y$ （高さ）平面にプロットし、各サンプル点を最小二乗法に基づいて直線近似することで、近似直線  $L'$

を算出する。そして、前回で算出された道路高モデル（自車輛から所定の距離まで道路高 $L$ ）に対する近似直線 $L'$ の傾き $\alpha$ を算出する。この傾き $\alpha$ からピッチング量が推定でき、傾き $\alpha$ が正ならば自車輛が下側を向いているということを意味している。そして、この傾き $\alpha$ の絶対値が大きいくほど、ピッチング量が大きくなることを示している。

【0078】このようにして算出された傾き $\alpha$ に基づいて、前回のフレームで算出された道路高モデルを全体的に補正する。補正された道路高モデルは、立体物認識における路面算出に用いられる。補正された道路高モデルに基づいて今回の立体物認識を行えば、ピッチングの影響が低減された分だけ認識精度を向上させることができる。

【0079】なお、上記の例はピッチングに関するものであるが、この他にも、左右車線の高さを別々に算出することで、車輛のロール角や道路面のバンク角を算出することができる。これらの情報は立体物等の認識精度を向上させるのに有効であるほか、高さの認識自体の誤認識のチェックにおいても有用な情報となる。

【0080】対象ライン $j$ がワイド検出ライン $j_{wide}$ である場合は、ステップ27における肯定判定からステップ28に進む。このワイド検出ライン $j_{wide}$ は、検出開始ライン $j_s$ から検出終了ライン $j_e$ 内に設定されたある特定の1水平ラインである。ステップ28では、「ワイド検出」、すなわち、ワイド検出ライン $j_{wide}$ 上の全域にわたって車線検出が行われる。

【0081】ステップ24における車線検出では、検出精度および処理時間上の理由から、対象ライン $j$ 上に検出エリア $R$ を設定しているため、検出エリア $R$ 外では車線検出が行われない。したがって、ある水平ラインにおいて検出された車線が正しければ、それ以降の水平ラインにおいても車線が正しく検出されることが多い。しかしながら、図18に示したように片側に複数の車線が存在する場合、最初の検出を間違える可能性がある。すなわち、対象ライン $j$ において車線 $SL$ を本来検出すべきところを、その外側の車線 $SL'$ を検出してしまう場合がある。その場合、ステップ24における車線検出では、それ以降の水平ラインにおいても車線 $SL'$ が継続的に検出される可能性が高い。このような状況に想定し、ワイド検出ライン $j_{wide}$ 上のすべての車線候補 $SL$ 、 $SL'$ を検出する処理がワイド検出である。ステップ28で複数の車線候補 $SL$ 、 $SL'$ が検出された場合、複数の車線候補が存在することを示すフラグ情報とともに、各道路点 $P_{sl}$ 、 $P_{sl}'$ がマイクロコンピュータ9中のRAMにストアされる。これらの情報は、後のステップ4における車線候補の評価処理において用いられる。

【0082】ステップ29において、カウンタ $j$ がインクリメントされ、対象ラインが水平ライン $j$ から直上の

水平ライン $(j+1)$ にシフトする。そして、ステップ30により、すべての水平ラインについて上述した一連の処理（ステップ21～ステップ27）が実行される。そして、画像の最も上に位置した水平ライン $(j=19)$ の処理が終了した場合に本ルーチンが終了する。

【0083】ステップ2における車線の検出処理が終了すると、車線の三次元的（実空間上）の位置を示す「車線モデル」が算出される（ステップ3）。そのために、マイクロコンピュータ9のRAMから「車線点 $P$ 」が読み出されるとともに、距離データメモリ7にストアされた視差が読み出される。

【0084】車線モデルは、具体的には以下のようにして算出される。まず、1フレームの分の視差から車線点 $P$ の視差 $d$ が特定される。そして、車線点 $P(i, j)$ とその視差 $d$ とのセット $(i, j, d)$ をすべての車線点 $P$ について求める。

【0085】左右の車線の実空間上の位置 $(X, Y, Z)$ は、車線点のセット $(i, j, d)$ から下式によって一意に特定される。ここで、パラメータ $KZH$ は（カメラ基線長／水平視野角）、パラメータ $DP$ は消失点視差である。また、パラメータ $CH$ はステレオカメラ1の取り付け高、パラメータ $r$ はステレオカメラ1の取り付け間隔、パラメータ $PW$ は1画素当たりの視野角、そして、パラメータ $IV$ 、 $JV$ は車輛の真正面における無限遠点の画像上の $i$ 座標値、 $j$ 座標値である。

【0086】

【数2】 $Z = KZH / (d - DP)$

$X = r/2 + Z \cdot PW \cdot (i - IV)$

$Y = CH - Z \cdot PW \cdot (j - JV)$

【0087】画像の座標系は、画像の左下隅を原点として、水平方向を $i$ 座標軸、垂直方向を $j$ 座標軸とする（単位は画素）。一方、自車輛の位置を基準に設定された実空間の座標系は、ステレオカメラ1の中央真下の道路面を原点として、車幅方向を $X$ 軸（右方向を正）、車高方向を $Y$ 軸（上方向を正）、車長方向を $Z$ 軸（前方向を正）とする。したがって、走行路が水平ならば、 $XZ$ 平面 $(Y=0)$ は道路面と一致する。

【0088】このようにして算出された車線点 $P$ の実空間上の位置 $(X, Y, Z)$ から車線モデルが算出される。車線モデルは、認識範囲（カメラ位置から所定の距離）内における左右の車線を、所定区間（セグメント）ごとに三次元の直線式で近似し、これを折れ線状に連結して表現したものである。図8は車線モデルの一例を示した図である。認識範囲を所定の距離 $(Z1 \sim Z7)$ ごとに7つの区間に分けて、それぞれの区間内の道路点 $P$ を最小二乗法により直線近似する。そして、各区間における近似直線のパラメータ $a, b, c, d$ が左右の車線について導出する。道路面は、左右の近似直線 $L, R$ で挟まれた領域ということになる。なお、この車線モデルは、水平方向 $(X$ 方向)の直線式（水平形状モデル）

と、垂直方向（Y方向）の直線式（道路高モデル）をも有しているため、道路の勾配や起伏といった上下方向の道路形状も表現している。

【0089】

【数3】（車線モデル）

水平形状モデル

左車線  $X = a_L \cdot Z + b_L$

右車線  $X = a_R \cdot Z + b_R$

道路高モデル

左車線  $Y = c_L \cdot Z + d_L$

右車線  $Y = c_R \cdot Z + d_R$

【0090】なお、上記の例では、数式3の座標変換式に基づいて、X（車幅方向の車線位置）を算出している。しかしながら、それ以外にも、車線点P（i, j）を道路面（道路高モデルにおける左右の車線で挟まれた領域）に投影することにより算出することができる。このようにして、車線の三次元的な形状を示した車線モデルが算出される。

【0091】輝度情報のみを用いた車線認識手法では、道路面の起伏が判断できないため、実空間上の車線形状を正確に認識することができない。例えば、図19に示したように、同じ曲率のカーブであっても、道路が平坦な場合と起伏がある場合とでは画像状態が相違する。同図からわかるように、起伏（この場合は道路が平坦から登りに変化している）がある場合は道路の曲率が小さく（半径が大きく）見える。そのため、警報、自動ブレーキ等の制御等に影響を与える。これに対して、本実施例における車線認識手法では、輝度情報と距離情報の双方を用いることで、車線の三次元的な位置情報を得ることができる。そして、得られた車線情報に基づいて立体物認識を行えば、道路面上の対象物（ペイント、マンホール、パッチ等）とそれ以外（人、車輛、壁、建物等の障害物）とを精度よく判別することが可能となる。

【0092】ステップ4では、ステップ28でのワイド検出結果に基づいた車線候補の評価が行われる。すなわち、ワイド検出ラインj wide上の全域探索にあり、車線と目される対象物が複数存在する場合、各車線候補が評価される。これは、検出された車線候補の位置（水平ライン上の位置）に関して、経時的なヒストグラム（フレーム毎に得られた車線位置データを積算）を求めると評価する。その際、図20に示したように車線候補の検出位置によって重みを付けてヒストグラムを算出する。より具体的には以下のとおりである。

【0093】（水平ライン上の位置による評価）

#### 重みの設定

図20に示したように、重みは、水平ライン上の位置に応じて設定されており、車輛中心を基準とした左右の所定エリアが最大となる。このエリアは、通常の走行状態において、車線が含まれる蓋然性が高い領域に相当する。したがって、その領域内に存在する車線候補が真の

車線である可能性が高くなる。

#### ヒストグラム作成

水平ラインを予め設定された間隔に複数のエリアに分割し、各エリアにおける経時的な出現度数を算出する。車線が含まれるエリアでは、それに相当するヒストグラムの値を増加させる。ただし、過度に増大してしまわないように上限を設定しておく。また、車線が含まれないエリアではそれに相当するヒストグラムの値を減少させる。ただし下限は0とする。

10 【0094】上記の手法に加えて、車速によって重みを変えてもよい。具体的には以下のとおりである。

（車速を考慮した評価）

#### 重みの設定

低速時には重みを小さく設定する。低速時には車線以外の対象物（道路面のペイント等）が連続的に検出され、それによってヒストグラムが積算されてしまう。そこで、低速時には小さな重み付けを行い、ヒストグラムの増加する割合を抑える。また、速度が一定値より低い場合は検出を行わないようにしてもよい。また、高速時には大きな重み付けを行う。具体的には、6mの破線（追い越し車線）が検出できるような重み設定を行う。

【0095】以上のような手法でヒストグラムを作成して車線候補を評価する。このステップ4での評価結果に基づき、最も確からしい車線候補を車線とする。そして、ステップ7において、その結果に基づいて今回の車線モデルが修正される。

【0096】続くステップ5において、車線（車線モデル）の信頼性が算出される。上述したように、車線の実空間上の位置は車線モデルで表現される。車線モデルは立体物認識や各種制御（警報）等で用いられるため、その信頼性を表す指標、すなわち「信頼度」を算出する必要がある。なお、この信頼度により車線モデルが修正されるものではなく、車線モデルを用いる他の認識処理に対してモデルの信頼性の指標を与えるものに過ぎない。ただし、今回算出された信頼度は、次回、ステップ23で検出エリアRを設定（モード1, 2の場合）する際に、その大きさを特定するための情報となっている。

【0097】信頼度は、検出された車線点Pの有無（個数）と、従前のフレームで検出された車線点Pとの連続性とを考慮して算出される。すなわち、車線点Pが連続的に検出されている場合は信頼度が高いものと判断できる。その際、図8で示したように区間（セグメント）毎に車線の信頼度を算出すれば、信頼度の有用性を一層向上させることができる。

【0098】信頼度の算出は、例えば、以下のような手法で行うことができる。まず、データの有無による信頼度Dが区間毎に算出される。信頼度Dは、1区画内における車線モデルの算出ベースとなったサンプル点の数に応じて、その区間に関して前回算出された信頼度Dをインクリメント／デクリメントする。これにより、その区

間に関する今回の信頼度Dが算出される。したがって、ある区間内において連続してサンプル点が検出されると信頼度Dは高くなっていく。ただし、過度に増大してしまうのを防ぐために一定の上限を設定しておく。逆に、サンプル点がない場合は、信頼性Dをデクリメントしていく。

【0099】また、区間毎に前回の車線モデルと今回の車線モデルとの位置ずれを求め、それに応じて、信頼性をインクリメント/デクリメントしていく。したがって、フレーム間の位置ずれが継続した場合、信頼性は低くなっていく。

【0100】そして、ステップ6において、左右車線の平行性が評価される。通常、左右の白線は平行である。したがって、そうでないときは誤認識の可能性が高い。このステップ6では、左右の車線モデルの平行性を評価する。そして、平行性に異常がある場合は誤認識を判断し、ステップ7において、今回の車線モデルの修正を行う。例えば、左右の車線の間隔が、遠方に行くにしたがって大きく広がっていく場合、片方の車線の認識を異常とする。このようなケースは、車線が分岐している場合等において生じることが多い。そこで車輛の進行方向に延在方向に近い方の車線を正しいものと判断する。そして、異常とされた車線に関する車線モデルを他方の車線と平行になるように修正する（ステップ7）。逆に、車線間隔が狭くなっていく場合は、信頼性の低い方の車線を誤認識として車線モデルの修正を行う（ステップ7）。

【0101】以上の一連の手順（ステップ1～ステップ7）を経て、今回のフレームの処理が終了する。

【0102】以上の説明からわかるように、本実施例においては、撮像画像における輝度情報のみならず、ステレオ画像処理により得られた距離情報をも利用して車線認識を行っている。従来の技術のように、単眼カメラから得られた撮像画像の輝度情報（輝度データおよびこれを微分した輝度微分データ）だけを用いた場合、車線の距離情報（三次元的な情報）を得ることができない。そのため、車線と類似した形状を有する対象物（先行車のピラー、ガードレール等）を、それが道路面上にないにも拘わらず車線と誤って認識してしまう可能性がある。また、ステレオカメラから得られた距離情報（すなわち撮像画像平面上における算出距離の位置およびその値を示す情報）だけを用いた場合、撮像画像の輝度情報を得ることができない。そのため、車線と形状が類似した輝度が異なる道路面上の対象物（スリップ痕、影、路面バッチ等）を誤認識してしまう可能性がある。これに対して、本発明では、距離情報と輝度情報（輝度データおよび輝度微分データ）の双方を用いて車線認識を行うことにより、精度の高い車線情報（車線の位置および高さ）を得ることが可能となる。そして、このような精度の高い車線情報に基づいて監視制御を行うことで、監視制御

の信頼性を一層高いレベルで確保することが可能となる。

【0103】

【発明の効果】このように、本発明においては、一対の撮像画像から得られる距離情報と、撮像画像における輝度情報との双方を用いて車線の正確な位置および高さを検出することができる。そして、精度の高い車線情報に基づいて車外監視制御を行うことにより、監視制御の信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例にかかるステレオ車外監視装置のブロック図

【図2】本実施例にかかる車線の認識手順を示したフローチャート

【図3】車線検出処理の手順を示したフローチャート

【図4】画像領域上における車線の検出方向を説明するための図

【図5】車線ブレ検出範囲を説明するための図

【図6】モードに応じて設定された検出エリアを示した図

【図7】車線が存在する水平ラインの輝度特性を示した図

【図8】車線モデルの説明図

【図9】モード2における検出エリア設定の説明図

【図10】モード0における検出エリア設定の説明図

【図11】検出エリアの拡大を説明するための図

【図12】道路面の対象物の相違による輝度特性の違いを示した図

【図13】先行車が映し出された画像を示した図

【図14】図13の画像における輝度と距離に関する特性図

【図15】ブレーキ痕が映し出された画像を示した図

【図16】図15の画像における輝度と距離に関する特性図

【図17】自車輛のピッチングの算出手法の説明図

【図18】ワイド検出の説明図。

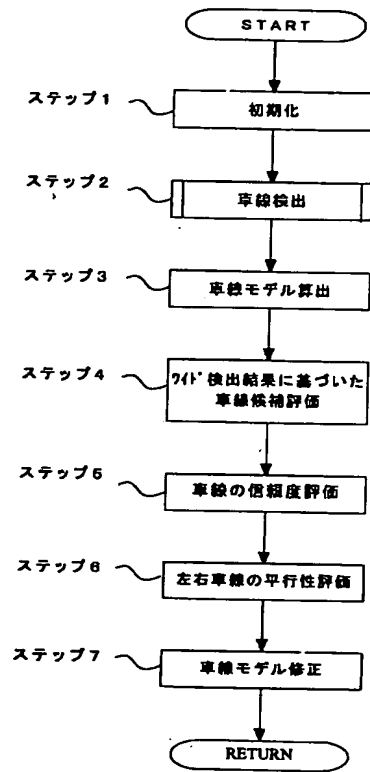
【図19】起伏の有無とカーブ形状との関係を説明するための図

【図20】車線候補評価処理における位置に応じた重み付けの説明図

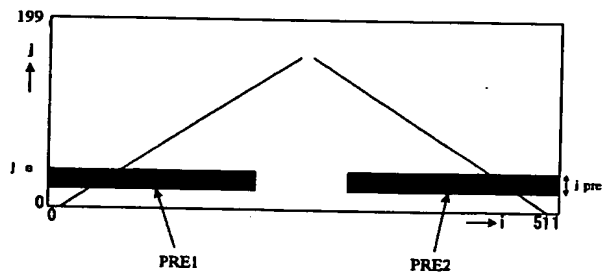
【符号の説明】

1	ステレオカメラ、	2a	メインカメラ、
b	サブカメラ、	3, 4	A/Dコンバータ、
5	画像補正部、	6	ステレオ画像処理部、
7	距離データメモリ、	8	画像データメモリ、
9	マイクロコンピュータ、	10	道路認識部、
11	立体物認識部、	12	処理部、
13	AT制御部、	14	ABS制御部、
15	TCS制御部、	16	車輪挙動制御部、
17	エンジン制御部、	18	警報装置

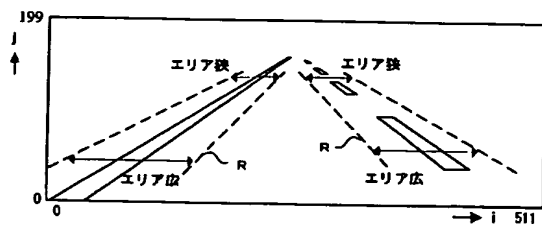
【図2】



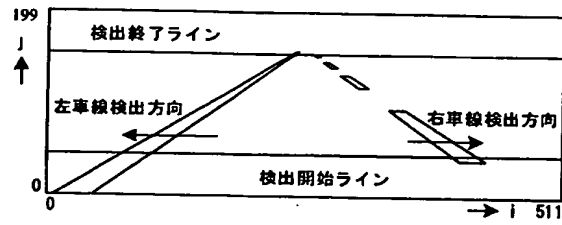
【図5】



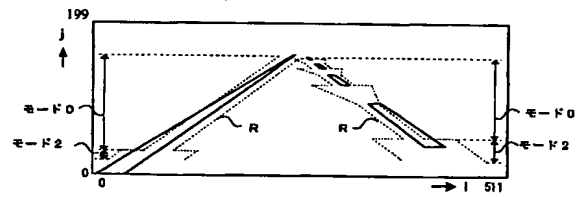
【図9】



【図4】

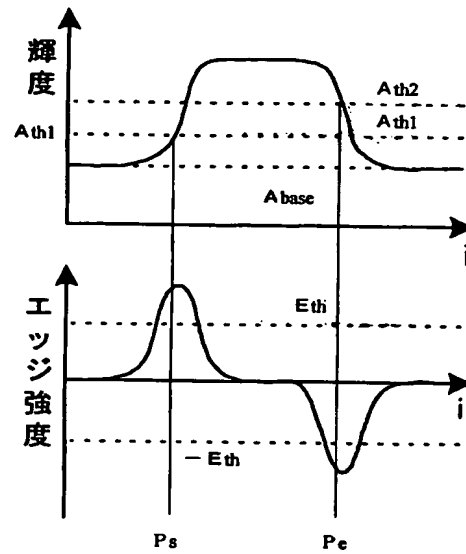


【図6】



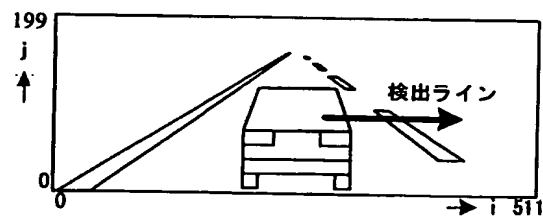
【図7】

(a)

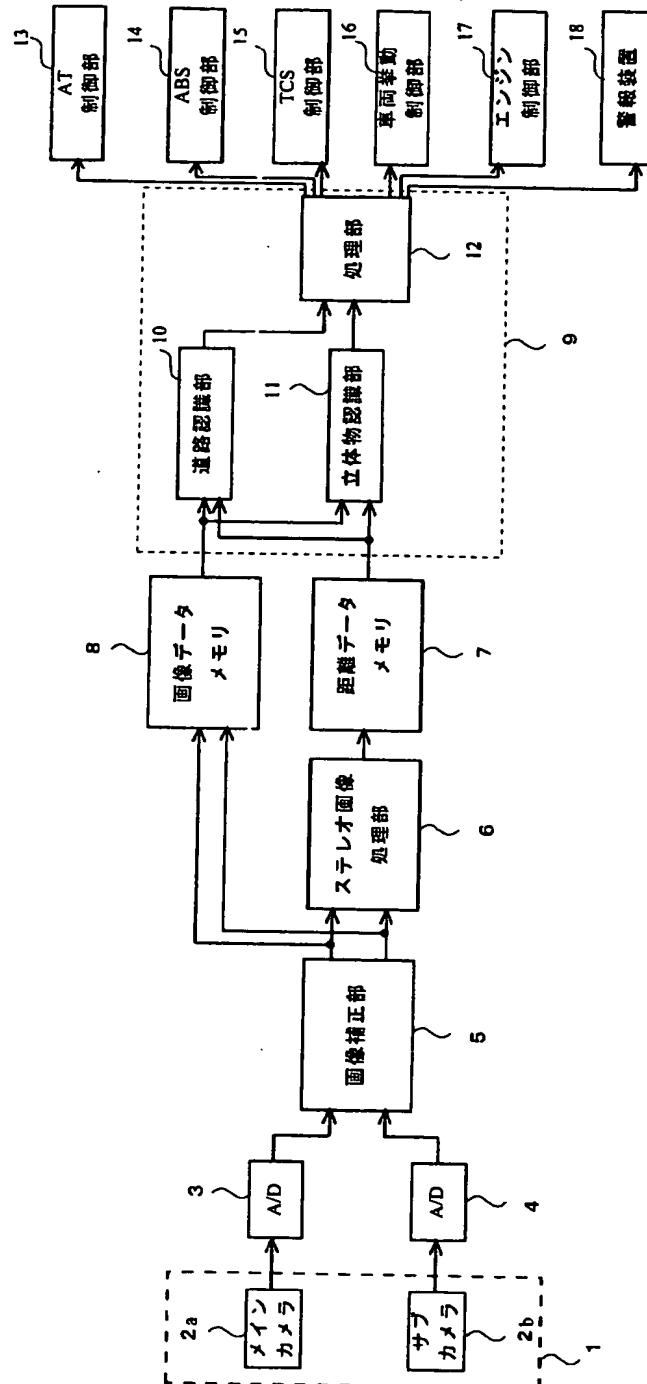


(b)

【図13】

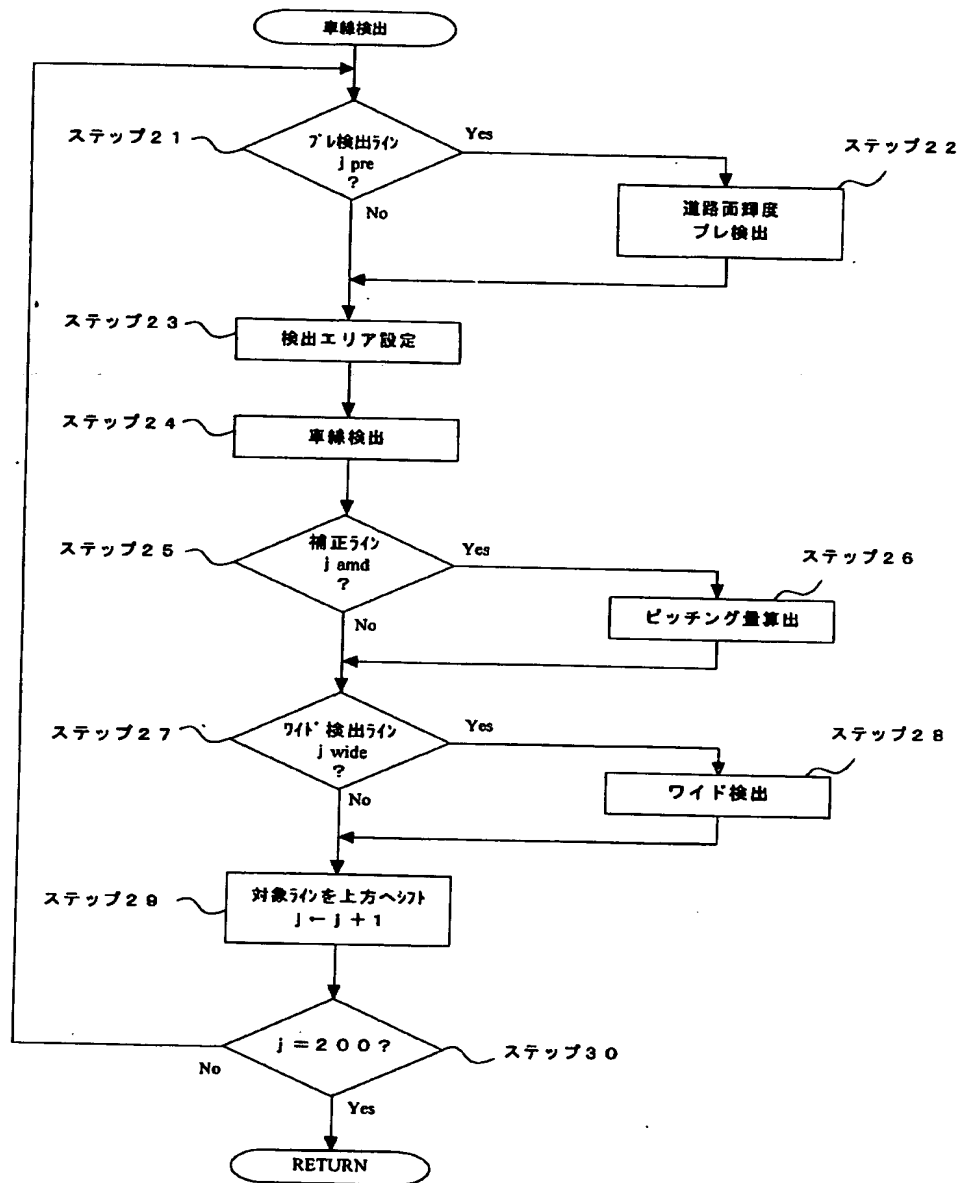


【図1】

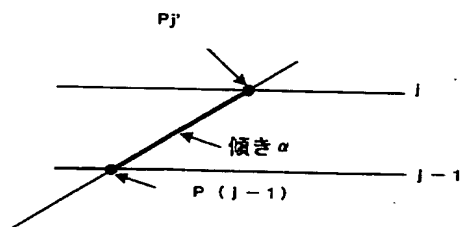


【図3】

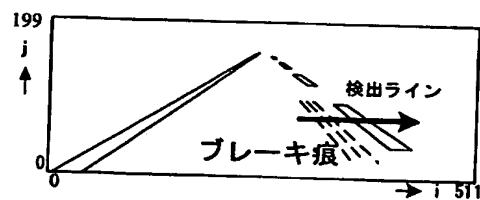
RG99010E



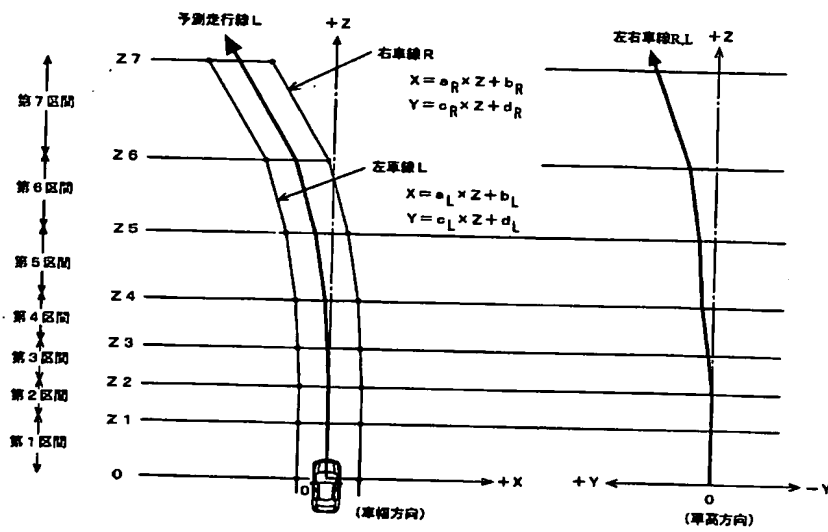
【図10】



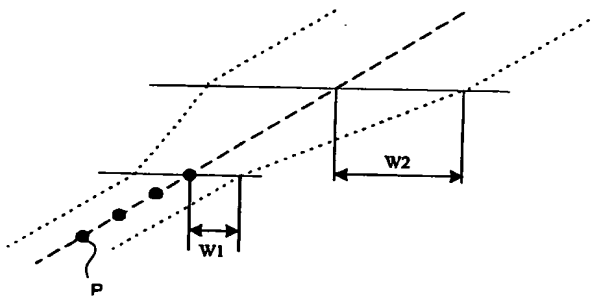
【図15】



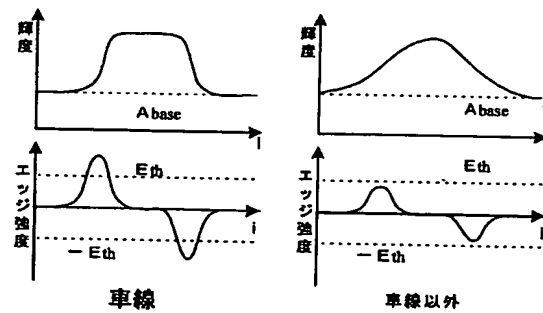
【図8】



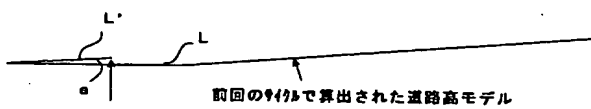
【図11】



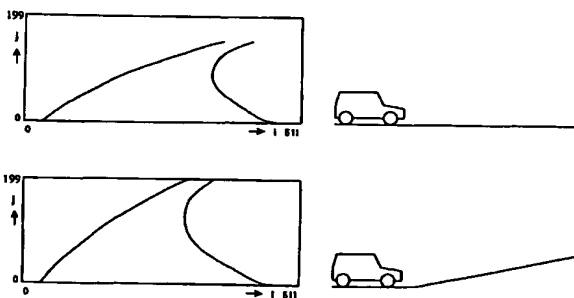
【図12】



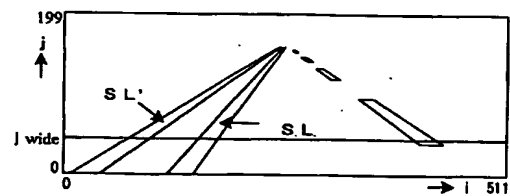
【図17】



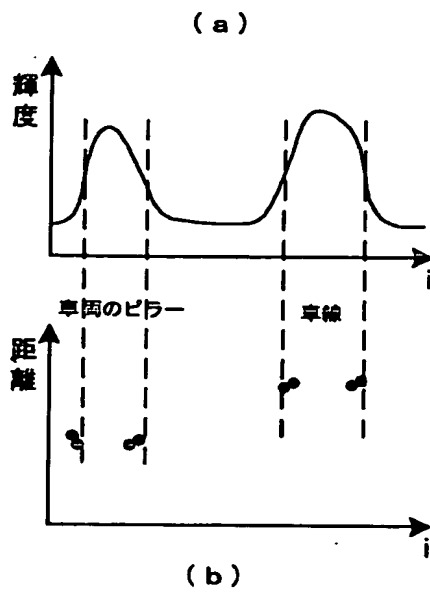
【図19】



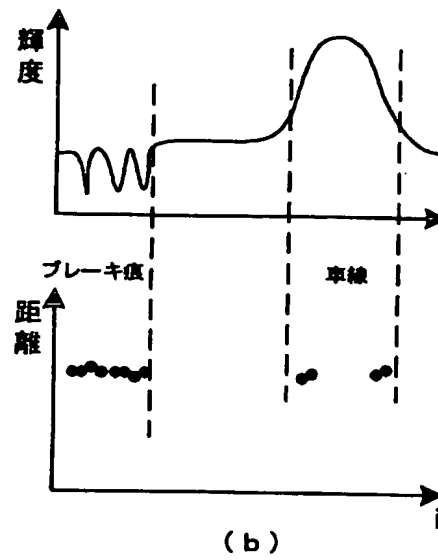
【図18】



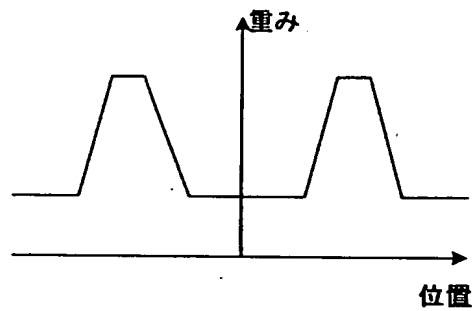
【図14】



【図16】



【図20】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 8 G 1/16

H 0 4 N 7/18

// G 0 5 D 1/02

識別記号

F I

G 0 8 G 1/16

H 0 4 N 7/18

G 0 5 D 1/02

C

F

K

- (56) 参考文献
- 特開 平5-265547 (J P, A)
  - 特開 平8-87700 (J P, A)
  - 特開 平5-347000 (J P, A)
  - 特開 平7-271952 (J P, A)
  - 特開 平9-325026 (J P, A)
  - 特開 平7-334679 (J P, A)
  - 特開 平8-219786 (J P, A)
  - 特開 平9-35198 (J P, A)
  - 特開 平5-303638 (J P, A)
  - 特開 昭63-314616 (J P, A)
  - 特開 平7-78255 (J P, A)
  - 特開 平3-135718 (J P, A)
- 実吉敬二外4名, 自動車用予防安全システムのためのステレオ画像認識装置, スバル技報, 富士重工業株式会社技術管理部, 1997年4月15日, 第24号, pp. 10-16
- 農宗千典外1名, 連続道路画像からの道路構造とカメラ姿勢の同時推定, 電子情報通信学会論文誌D-I I, 1993年3月25日, Vol. J76-D-I I, No. 3, pp. 514-523

- (58) 調査した分野 (Int. Cl. 7, DB名)
- G06T 7/00 - 7/60
  - B60R 21/00
  - G06T 1/00
  - G08C 1/00 - 1/16
  - G01B 11/00 - 11/30
  - J I C S T ファイル (J O I S)